

# 为跨世纪土壤学的发展作出新贡献

## ——第 15 届国际土壤学会会议综述\*

赵 其 国

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

### 摘 要

本文介绍了第 15 届国际土壤学会会议概况及土壤学跨世纪的发展趋势,并对土壤学跨世纪所面临的任务作了综合分析,提出了新的见解。

**关键词** 跨世纪土壤学,土壤资源,环境保护,持续农业

1994 年 7 月 11—18 日,我作为中国土壤学会代表团团长,出席了在墨西哥阿克波尔各召开的第 15 届国际土壤学会。参加这次大会的有来自 75 个国家和地区的 1500 多人。据统计,南美参加这次会议的国家有 15 个,非洲 14 个,欧洲 15 个,亚洲 12 个,其中美洲及非洲人数占会议一半以上,这是该区历来参加会议代表最多的一次;中国代表团共 27 人(包括在国外工作和学习的 6 人),我国老一辈土壤学家侯光炯先生参加了这次会议,是会议中最年长的土壤学者。

这次会议分大会报告、分组报告及墙报三种交流形式,初步统计,大会报告论文 11 篇,45 个分组报告论文 356 篇,墙报论文 1167 篇,总计论文 1523 篇。分组会议由 20 个国家的代表分别主持,我国代表主持了一个分组报告会(盐渍化对生态环境及持续农业的影响,由赵其国主持),有五人在分组会上作报告,有 48 篇论文参加了墙报交流。在这些报告中,特别是“东亚及其邻近地区盐渍化及环境对持续农业的影响”、“中国人为土的形成与分类”、“中国土壤系统分类纲要”、“中国南方生态与持续农业”、“中国半干旱地区的耕作制度”、“中国土壤 Se 的含量及有效性与应用效果”等,引起与会代表的广泛兴趣,收到了良好的效果,进一步扩大了我国土壤学界在国际上的影响,为今后我国土壤学的发展及国际合作起到了促进作用。

会议期间召开了多次理事会,讨论决定第 16 届国际土壤学会将于 1998 年 8 月在法国蒙特利尔召开;同时,对学会学术机构的设置作了新的调整,决定新增一个专业委员会、三个专业分委员会及五个工作组。这样,国际土壤学会的学术机构将有 8 个专业委员会,即土壤物理、土壤化学、土壤生物、土壤肥力与植物营养、土壤发生分类及制图、土壤技术、土壤矿物、土壤与环境(新设);7 个专业分委员会,即盐渍土、微形态、土壤动物、水土保持、

\* 本文在编写中承龚子同、张桃林、杨劲松、季国亮、曹升庚、赵城斋、朱其清、罗家贤、李振高、史学正、骆国保、张甘霖、李忠、孙波、胡国松同志提供会议论文部分节译资料。

森林土壤(新设)、土地评价(新设)及土壤治理(新设);17个工作组,即酸性硫酸盐土、冷冻土(新设)、荒漠生态土壤资源(新设)、世界土壤及土地数字化数据库、土壤有机肥及营养(新设)、土壤矿物与有机组成对微生物的交互作用、土壤测量、古土壤学、世界土壤资源参比库(新设)、遥感在土壤调查中的应用、根圈、土壤及地质医学、水稻土肥力、土壤地下水污染、城市土壤(新设)、土壤史-哲学与社会学、土壤肥力试验。

会议期间,各专业机构分别改选了新的领导成员,我国代表赵其国任盐渍土专业分委员会顾问、国际土壤学会东亚及东南亚协会主席及土壤与环境委员会领导成员;龚子同任国际土壤学会东亚及东南亚协会秘书长及荒漠生态土壤资源工作组领导成员。1994年我国代表将分别参加主持在西班牙召开的国际盐渍土会议及在马来西亚召开的东亚及东南亚土壤协会。

在会前会后及会议期间,大会组织了多条路线的土壤考察,我国部分代表参加了美国及墨西哥境内的考察,对考察区的土壤特性、生产现状与生态环境有了较深的了解,收到了学习与交流的效果。

## 一、土壤学各分支学科的进展

在大会上报告的11篇论文的题目是:脆弱地球供养日益增长的人口(N. E. Borlang, 加拿大);土壤物理新问题与挑战(M. T. V. Genuchten, 美国);土壤化学—土壤化学及环境间的界面(W. H. V. Riensdisk, 荷兰);接种于土壤的微生物存活状况及其活性(G. A. Vanveen, 荷兰);土壤,地球的社会压力(S. W. Buol, 美国);热带土壤肥力研究(P. A. Sanchez, 肯尼亚);土壤矿物的空间与时间(K. Stahr, 德国);21世纪土壤盐渍化前景(I. Szabolcs, 匈牙利);土壤微形态(R. Miedema, 荷兰);土壤退化及气候(I. P. Sentis, 委内瑞拉);动物活动及土壤过程(P. Lavelle, 法国)。这些报告涉及的问题甚广,代表了各个学科的进展方向,对会议具有较大影响。其余的356篇分组报告及1167篇墙报,都不同程度地对各分支学科的研究进行了论证。面对如此众多的论文,本文不可能作详尽概括,这里仅就土壤学各分支学科的论文及进展概况作粗略分析,供参考。

### (一) 土壤物理

有两个分组报告会,论文15篇,墙报135篇(中国3篇),主要内容有:集约灌溉措施对土壤质量退化的影响;土壤与植物因素决定灌溉的有效性;土壤物理与环境特性;土壤中不均衡固相物转化的物理基础;土壤多相流;土壤物理研究的新问题与挑战;土壤孔隙对根系生长的影响;土壤压实对土壤结构与孔隙度的影响等。

从发展趋向看,水溶性污染物及有机污染物在非饱和带的运动规律,是当前土壤物理研究的前沿领域,研究的数学方法有:经典数学模型法、机理分析法及随机法;土壤性质时空变异,是当代土壤物理研究的主要内容,其研究目的,一是了解土壤性质时空变异特性,二是预测未定的土壤性质,建立时空变异的随机模型;在研究方法上有新推进,包括电磁法、核磁共振技术、断层X射线照相法、时域反射法及现代遥感技术等。M. T. V. Genuchten (1994) 等人指出,当代土壤物理学正在迎接环境问题的挑战,土壤物理研究

的领域也正在不断扩大,首先,土壤物理研究的深度不再是土壤表层至 2m 深的土层,而是到达根部的底层;其次,土壤物理学家要成为全球范围水文研究的参与者,要研究地表水文过程的循环模型;第三,要研究介质及非饱和流与溶质的移动规律;第四,要研究与农业有关的多相流体系统;第五,土壤物理学家既要研究农业化学物(肥料、农药、土壤盐化)也要研究非农业化学物(放射物、有毒物、某些挥发有机物)。由此可见,土壤物理研究正在由传统研究范畴向其他领域交叉发展,并与环境污染问题相结合。

## (二) 土壤化学

有两个分组报告会,论文 16 篇,墙报 144 篇(中国 9 篇),主要内容有:土壤化学中的现代物理化学技术;红外技术应用于有机及无机土壤物质的进展;X 光在土壤化学及矿物研究中的应用;铝的吸收机制;土壤化学及其环境;氧化物表面的吸收机制;除草剂的防治;森林土壤辐射污染转化;无机及有机组成对污染物转移速率的影响等。

从发展趋向看,其研究重点,一是土壤化学与环境,包括各种有机与无机物对土壤污染的影响及其防治;土壤辐射污染转化等研究;二是各种新技术在土壤化学研究中的广泛应用;三是土壤体系中化学物质的含量及其影响间的关系,这种作用与土壤固相组成、pH、氧化还原电位、盐分含量及溶于水的络合剂有关,目前正进行初步研究;四是天然非均一胶体与离子结合的模型研究(W. N. Van Riemsdijk, 1994),主要通过 NICA 模型,研究腐殖酸和富里酸表面的充电特性和离子结合,取得了较好的结果,这项研究虽是土壤化学特别是环境化学的研究前沿之一,但由于土壤胶体系统中化学物质的含量与其影响间的关系复杂,而且是非线性的,因此,这种研究模型尚待进一步发展及验证。

## (三) 土壤生物

报告 16 篇,墙报 73 篇(中国 2 篇),主要内容是:土壤与根际微生物作用及稳定性;根际与土壤保持;持续农业中菌根在植物与土壤生物中的相互作用;土壤结构、土壤生物及植物在持续农业中的相互作用;真菌与细菌在耕地有机物分解及养分矿化中的作用等。

近年来的主要进展,一是根际与根际微生物研究活跃,特别是在根际微生物对氮素的作用及有益有害微生物的相互作用上有新的进展;二是强调微生物净化土壤与保护环境的作用,对降解微生物在生物学、生理学、遗传学及新的微生物群类方面有所发现;三是强调微生物通过土壤结构与植物营养作用对持续农业的影响,对具有特殊功能的细菌和真菌接种到土壤中改善土壤微生物环境的研究有所推进。G. A. Van veen (1994) 等人指出,土壤接种微生物作用有四: 1. 向农作物提供氮素(根瘤菌、固氮菌)及磷素(解磷细菌及菌根菌); 2. 控制虫害发生; 3. 刺激作物生长; 4. 改进土壤结构,降解土壤污染。近年来他们在接种微生物存活状况及活性方面进行研究。由此可见,土壤微生物对土壤环境的影响研究有所进展,但在微生物生物遗传工程研究方面尚有不少差距。有人指出,今后应进一步加强微生物在环境作用中的研究,并应缩小理论与应用间的差距(R. G. Linderman, 1994)。

## (四) 土壤肥力与植物营养

共有 9 个分组报告,论文 78 篇,墙报 236 篇(中国 10 篇),主要内容有:土壤生产力及养分循环;生物 N 素固定与 N 素管理;肥料资源有效利用;土壤及植物测试技术;土壤

与植物营养中硫的全球进展等。

从发展情况看,首先,突出的是持续农业的养分循环问题,提出低投入高产出的农业必须从养分循环出发,研究与自然相协调的配套技术,为了建立区域规模的养分平衡系统,必须注意提高粮食与饲料的自给率,建立无毒害的排污系统及发展适应排污体系的新的有机肥料和施肥技术(R. Hakamata, 1994);其次,在N素方面,除研究生物固氮及与地下水质量有关的N素管理外,主要利用模拟与模型,研究作物生长期间,来自不同库(pool)的N素有效率的定量化。V. N. Nadman(1994)建议,在评价环境可接受的氮肥施用量时,应考虑氮肥的空间变异度,同时提出用于评价农场系统N素输入输出状况的平衡计算与模拟系统,说明N素在环境方面的研究有所推进;第三,应用原子核素对土壤与植物养分的研究技术,以及各种肥料在作物生产中的有效利用技术,有新的进展;第四,土壤肥力研究进入新的阶段。P. A. Sanchez(1994)指出,过去土壤肥力只注重研究作物对养分的吸收,忽视养分在土壤中的积累及进入地下水和大气命运,主要研究铝毒机制及石灰施用、磷矿粉肥效、可变电荷在氧化土的动力学及改良土壤酸度等。今后随着人口、环境的变化,土壤肥力研究必须依靠生物过程,使种质(Germplasm)适应土壤逆境条件,提高土壤生物学活性,优化养分循环,减少养分投入与提高其利用率,这一领域包括边际土壤的持续利用和土壤退化防治两个方面。值得注意的研究项目是:在基因水平上提高种质对土壤逆境的适应力;利用种间差异调节植物需求与土壤逆境关系;改变肥料施用策略,使单位养分投入的产出达到最高;土壤与植物间的养分平衡与循环;侵蚀的生物学控制;水份的盈余技术及减少CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O等温室气体释放的土壤管理技术;政策的制定和实验等。

#### (五) 土壤发生分类及制图

有9个分组报告会,论文83篇(中国3篇),墙报218篇(中国8篇),主要内容有:土壤发生过程模拟;不同尺度土地管理所需的土壤数据;土壤空间变异对资源评价及环境模拟的影响;世界土壤资源数据库;区域土壤地理与制图等。

总的进展是:第一,研究内容富时代气息。如土壤信息系统、模型和建模;动态土壤发生学;土壤空间变异;土壤管理的国际框架评价;地医学;土壤考古及土壤全球变化,这些领域均有新的内容与进展;第二,土壤过程研究深化。对土壤人为过程的研究,如土壤熟化与退化、土壤酸化、灌溉对土壤过程的作用等,均由静态到动态,由定量走向建立模型的研究方向;第三,土壤信息系统的加强。如Soter数据库、国际土壤参比与信息数据库、区域土壤地理数据库的建立,以及在组成信息源、数据库结构、建库方法、信息传递等方面都有了系统深入的研究;第四,土壤系统分类的国际化。国际土壤学会建立的WRB委员会统筹国际土壤分类联网工作,中国也参与此项联网。这次在会上交流的“中国土壤系统分类纲要”及草拟世界人为土分类,也是此项工作的组成部分,深受与会者重视。总之,今后我国应加强人为作用的土壤熟化过程研究,发展土壤信息系统,搞好中国土壤分类的国际联网,使土壤地理研究更好地为持续农业与全球变化服务。

#### (六) 土壤技术

论文16篇(中国1篇),墙报94篇(中国3篇),主要内容有:发展中国家的土地管理与持续农业;热带雨养农业的雨水管理;持续农业灌溉管理的作用;农业技术、生产力、能

量有效性及环境影响;传统耕作有关的生态与气候限制性;高生产体系的环境管理技术等。

总的进展有两个方面:一是制定包括提高土地生产力、经济效益,为社会所接受并与自然相协调的土壤利用技术体系,包括混林农业、雨水管理、侵蚀防治、退化土地生产力恢复、水资源的有效利用及稳定旱地农业生产等方面的配套技术;二是长期土壤退化评价及重建,土壤退化田间方法与技术模拟研究,包括长期退化土壤的全球气候变化影响;不同土壤、气候、作物相关的土壤性质研究技术;运用不同方法评价与模拟土壤退化演变趋势等。所有这些技术对全球性土壤保持与农业生态系统的恢复均有重要的指导意义,并在理论与实践上有了新的进展(S. M. Virman, I. P. Sentis, 1994)。

### (七) 土壤矿物

论文 15 篇,墙报 46 篇(中国 4 篇),主要内容有:环境中的矿物反应;矿物的风化与形成;酸性硫酸盐土、地中海土、变性土等粘土矿物特性及其变化;土壤结构中的粘土矿物规律;地表物质移动与沉积中铁锰矿物的特性;土壤矿物的变化与合成;气候对矿物风化及形成的影响;热带火山土中矿物风化及形成过程的定量化研究等。

从发展趋势看,土壤矿物的发生分类与应用正在加强,特别是关于热带土壤矿物特性及其变化的研究正深入开展;其次,某些特殊的土壤矿物如氧化铁、高岭石、水铝英石及伴生的羽毛石的发生特性及其含量指标,均有新的研究进展;第三,深入开展了矿物的时间与空间变化研究。K. Stahr (1994) 等人针对矿物的时空变异,进行了矿物从岩石向土壤变化的研究,包括:土壤矿物的变化途径,矿物作为土壤的追忆物,土壤矿物反映土壤发育阶段及行为,土壤矿物与环境变化等方面的研究,已取得明显进展。说明当前土壤矿物的研究范畴,正在联系时间与空间变异,解决环境与土壤发育方面的问题,这是土壤矿物研究的新途径。虽然研究土壤矿物的手段不断更新,但定量分析研究仍有待进一步解决。

### (八) 盐渍土

论文 9 篇(中国 1 篇),墙报 43 篇,主要内容有:盐渍化对持续农业和环境的危害;咸水灌溉与环境的关系;碱化土壤的地球化学作用及其特性;土壤盐渍化评价方法的新进展;盐渍化定性定量评价技术;次生盐渍化粘性土壤改良研究;灌区土壤盐渍化等。从发展特点看,一是盐渍化与农业灌溉对持续农业发展的影响的研究不断加强;二是盐渍化与环境问题的研究,如全球气候变化、旱象增加、海平面上升等对盐渍化的影响正得到普遍重视;三是盐渍化与荒漠化的演替规律与防治技术正在逐步开展研究。有证据表明,跨世纪的土壤盐渍化将伴随着灌溉,带来一系列环境问题,影响持续农业、地表与地下水水质、动植物群落及人类健康,成为全球所关注的问题之一。为此,不少学者认为(I. Szabolcs, G. D. Oster (1994)),今后必须考虑研究以下问题:盐渍化与持续农业及生态环境作用的影响;盐渍化地区灌溉管理与劣质水利用;土壤盐渍化评估与测试技术;盐渍土水动态与溶质运移;盐渍土形成演变及地球化学作用等。

### (九) 土壤微形态

论文 7 篇,墙报 11 篇,主要内容是:微形态指标对土壤的人为影响;微形态对土壤结构退化指标的作用;退化土壤地貌景观的微形态评价;微形态诊断控制及对人为土壤影响

的预报;膨胀收缩特性与微形态结构形成的关系等。

从进展看,当前通过遥感技术,促进了土壤微形态定量研究的图象分析技术。此外,光谱分析、立体逻辑、分形维数等数学方法对土壤微形态研究技术均有新的推进。与此同时,土壤微结构的综合微形态研究,也逐渐涉及到土地利用、结构保持及土地退化和恢复等问题。R. Miedema (1994) 等人提出了土壤微结构的综合微形态研究的详细图式,并强调指出,深入地进行综合土壤微形态研究,对全面了解土壤的生态功能及土地持续利用是极其重要的,这方面的研究,可能是今后土壤微形态的新途径。

#### (十) 土壤动物

论文 7 篇,墙报 11 篇(中国 1 篇),主要内容有:土壤动物状况及其保护战略;土壤动物对土壤养分循环的影响;亚热带红壤生态系统中动物区系的生态作用;蚯蚓对土壤结构的作用;白蚁在热带火山灰土中的活动;土壤、生物活性及有机质的相互作用等。

从发展看,当前主要研究动物活动与土壤过程,土壤动物对生态与环境的影响。P. Lavelle(1994)等人指出,土壤无脊椎动物是土壤动物的主要组成,包括微型动物、枯枝落叶分解动物及生态型动物如白蚁、蚯蚓等三个功能类型。研究表明,每一公顷温带森林土壤中有数百种无脊椎动物,它们对土壤形成过程、土壤有机质与养分循环及 CO<sub>2</sub> 释放与变化均有影响。当前主要通过食物网法及生物系统调节法,研究土壤无脊椎动物对土壤肥力、碳和污染物释放以及与生物多样性功能的定性影响。由于生物与环境的复杂性,这类研究尚处于初步阶段,不少基础研究课题有待深入推进。

#### (十一) 水土保持

论文 8 篇,墙报 60 篇(中国 3 篇),主要内容有:水蚀对土壤物理特性的影响;西非土壤侵蚀评价;退化茶园的肥力特性;草地退化评价;阿根廷北部土地退化、土壤侵蚀及其生产力;土壤侵蚀及作物生产力模拟;水蚀动力学及土地利用等。

从发展趋势看,除研究侵蚀动力学、侵蚀预测、预报、侵蚀模型及其评价外,主要强调土壤侵蚀研究要与土壤退化及农业集约经营相结合,研究地区性土壤退化与土地资源利用的关系。据统计,热带地区由于侵蚀和土地退化,每年丧失近 1%,约 700—800 万公顷的耕地。因此 I. P. Sentis (1994) 等人指出,随着土壤物理与化学退化过程的加强,必须了解与预测降水的有效利用及影响土壤退化的水份平衡模式和作物与土壤的水力学性质,在这方面,长期田间定位测定的资料是不可少的,这是防止热带地区土壤侵蚀、恢复土地生产力的重要研究途径。

## 二、跨世纪土壤学的发展趋势

会上有两个工作组讨论了土壤学的基本概念、进展与 21 世纪议程等有关问题,论文报告 15 篇,墙报 7 篇。主要内容是:土壤学的演变、土壤学的环境涵意、土壤化学及土壤物理学概念的转变、土壤学及 21 世纪议程、跨世纪土壤学发展趋向等。

R. L. Sawyer, V. Mokwanye, B. Knapp, P. Builok (1994) 等人指出,跨世纪的土壤学将面临新的挑战与机遇。这是因为,跨世纪的世界将有以下转变:世界人口至 2025 年将由现在 53 亿增加 60% 至 85 亿;世界将有 10 亿人遭受饥饿;占世界 1/4 近 36 亿公顷

的土地,占1/6的地区将遭沙化;全球每年将有6—7百万公顷农地遭侵蚀;有2000万公顷灌溉土地遭盐渍化;全球气候变化将对现有农业模式产生破坏性影响。

1992年联合国环境发展会议认为,跨世纪最重要的全球问题之一是“有效地利用包括土地、水、能源、森林及生物在内的自然资源”(UNCED, 1992),这是因为地球土地资源已大量被人类活动所改变,这种影响将在今后50年内,随人口增长而加强,例如,世界人均土地由现在的0.3公顷将降至0.15公顷(到2050年);热带地区耕地由1971年的人均0.28公顷下降到1986年(15年内)的0.22公顷(FAO, 1989)。在此情况下,土壤学跨世纪的任务是:从防止与保护的观点出发,不断提高环境质量,土地退化的防止与复建,保证耕地生产力的持续发展。P. Bullock(1994)等指出,随着跨世纪人口、资源、环境的压力,今后土壤学的基础研究,应围绕持续农业与环境保护,开展土壤生物的交互作用;有机质的特性及其动力学;土壤养分动力学;土壤结构特性动力学;特殊土壤的作物发生工程;大气与土壤的气体交换等项研究。跨世纪的土壤学应用研究,应包括作物生产的改善;持续土地利用与管理体的发展;退化土壤的复建;废弃物的生物治理;应用遥感及数据库等新技术进行世界土壤资源图编制、农业区划、土地利用与环境评价;养分循环储存及有效性;土壤水分特性的管理体系以及提高产量与环境保护的生物技术发展等方面,从而保证与环境相协调的作物生产率的不断提高。H. Eswaran (1993), S. Funes (1994)指出,跨世纪土壤学必须与21世纪议程研究相结合,其主要内容是:土地资源数量、质量对不同生态环境影响的预测;退化生态系统的防止方法与评价;持续土地管理的综合网络体系;评价土地变化对全球气候影响及其反馈;土壤资源信息库的建立等。这次国际土壤会议又提出了“与自然相协调地利用土壤;回顾过去展望未来”的口号,说明土地利用始终是全球性的一个重大问题。

总之,跨世纪的环境与土地问题将成为促进土壤科学为农业发展服务的重要驱动力。与自然相协调地利用土地,防止与复建退化土地,保护土、水、气环境免受污染,提高土壤肥力与土地利用生产力,以及政策法规的保证等,都是跨世纪土壤学面临的问题和发展趋向。

### 三、土壤学综合研究的发展趋向

随着科学技术的发展与世界人口、资源与环境对社会的压力,土壤学不断走向综合与相互渗透的研究方向,这不仅表现在基础学科本身的发展方面,更重要的是,当今土壤学各分支学科均围绕环境与农业问题,对环境保护、资源利用、持续农业、全球变化及区域治理等重大问题,开展综合与深入研究,并取得新的进展,这正是此次会议学术报告体现的特点,值得引起注意。

#### (一) 环境保护

这次涉及环境问题的分组报告会共有五个,论文31篇,墙报150篇(中国9篇)。M. G. Singer (1994)指出,土壤本身就是环境的体现,土壤是气圈、水圈、生物圈及土壤圈的皮肤(N. Kiforoff, 1959),土壤是由人类、食物及废弃物和社会组成的基础,土壤在现代环境科学中一直起重要作用,例如,土壤学界最早提出土壤和水份保持及土壤侵蚀常数

(Smith, 1956), 土壤被认为是保持地下水免受污染的物理、化学及生物过滤器、土壤学家早就提出防止农业及水土污染的重要措施, 并对废弃物提出处理方法; 土壤在水份-养分循环、C-N 循环, 特别是温室气体全球变化中的作用, 也是尽人皆知的; 同时, 土壤学家将生态科学概念引入持续农业, 促进土地生产力及农业发展的贡献是巨大的。

环境问题的研究涉及到很多方面, 一是研究无机、有机物对土壤污染的机制及防治途径, 包括重金属污染、除草剂的特性及防治等; 二是在农业利用中, 如肥料施用、水份排灌所引的土壤污染及退化与防治; 三是废渣、废水及城市垃圾的处理; 四是水质、农药、有毒化合物的评估及各种防治新技术新方法的研究, 包括水体中重金属的转化迁移、有毒物的微生物降解、环境气化及光诱导转化动力学、水生生态系统的微生物生态学等; 五是结合模型化与定量化研究土壤组分与污染物转化关系, 例如美国 Gones Hopkins 大学通过污染物电子云, 研究污染物亲电子点位的位置与个数, 从而判断它们与污染物的反应能力; 新西兰 Lincoln 大学使用原状土及渗漏计, 研究污泥中重金属的移动性, 发现土壤 pH、有机质含量对重金属的吸附能力及土壤结构状况有影响, 同时发现, 生物生长模型能很好的描述 Cu、As 和 Cr 的积累淋溶特性。

由此可见, 今后环境问题研究将涉及到土壤学的许多学科领域, 并更加重视理论与实践的结合, 微观上将更加重视土壤组分与污染物迁移转化的关系。另外, 全球性的环境问题, 包括土壤温室气体效应与全球性变化等, 也是环境问题的重要方面。

## (二) 资源开发

有四个分组报告会, 论文 28 篇, 墙报 40 篇(中国 3 篇), 主要内容包括: 不同土地资源的开发利用与综合生产力; 土地质量评价与持续土地管理; 土地退化与复建问题; 地区性土地管理与经验等。

资源开发, 特别是土地资源开发, 是当今社会共同关注的问题。不少科学家指出 (F. P. Miller, M. K. Mali, 1994 等), 资源开发的核心是土地开发及其合理利用, 因为只有合理地开发与利用土地, 才能保证粮食增长, 协调人口、资源、环境间的矛盾。因为在开发中, 不仅要注意慎重合理地对待未垦土地, 包括荒地、林地、草地、沼泽地进行开发, 还要注意对已开发的各类耕地, 进行合理利用与管理。这次大会提出的“与自然相协调地利用土壤”, 其函意就是土壤利用必须与自然规律相符合, 既要充分合理地利用土地资源, 又要加强对土地资源与环境的管理、保护与协调, 从而促进农业持续发展。当前, 全球人均土地仅 0.3 公顷, 据推算, 到 2050 年人均土地将减为 0.15 公顷, 而全球退化的土地将达到 12 亿公顷 (FAO, 1992), 占全球土地面积的 11%; 今后 20 年估计将有 1/3 耕地沦为荒地, 世界上 117 个发展中国家将减产 19%。因此, 科学家们指出今后在资源开发中, 关键在于加强土地管理措施与土地退化恢复及重建研究 (R. Lai 等, 1994)。会上, I. Szabolcs, H. Blum, I. Lang (1994) 等人提出土壤复退力 “Soil resilience” 的概念, 即土壤自身所具有的, 已退化土壤自我恢复的能力, 包括土壤的过滤力、缓冲力、吸附力、交换力等, 这些性能的发挥, 对防止土壤退化与恢复地力具有重要意义, 因此, 应从防治土壤退化的角度对其进行深入研究。此外, R. G. Hanson (1994) 指出, 在土地资源开发与管理中, 需研究以下问题: 社会需求对土地开发的影响; 土地及土地质量的评价; 原始耕地土地生产力的恢复; 保证土地开发所需的水、肥、排灌及防止侵蚀的措施; 气候变化对土地资源开发的影



响;全球土地资源开发清单及数据库;土地退化控制与重建等。D. R. Kenney (1994)指出,如何利用好现有自然资源满足社会需求,而又有效地保存它传给后代,关键是土地管理。今天人们的“土地道德观”已发生了变化,过去土地的征服者今天已变成土地系统的一员。当前人们之所以滥用土地资源,是因为人们将土地视为自己的财产,而只有人们将自己看作是属于土地的一分子时,才会真正热爱和珍惜土地。不遵守土地道德,滥用土地所造成的后果,如土地退化、环境污染、生物多样性降低、粮食减产等,给后代及全球带来的恶果是不堪设想的。D. R. Kenney 这段话,是关于资源开发,特别是土地资源开发的很好总结,值得我们深思。

### (三) 持续农业

共有8个分组报告会涉及持续农业问题,论文56篇,墙报190篇(中国3篇),内容有:生物在持续农业中的作用;低投入持续农业的养分与生产力;持续农业在全球变化与土壤信息中的作用;持续农业的土壤技术;盐渍化对持续农业的影响;集约生态系统与土壤复退力;评价持续农业管理的国际网络;甘蔗生产管理在农业持续发展中的影响等。

从发展趋势看,持续农业是当前国际关注的一个重大问题,因为它涉及土壤-土地-自然资源-农业生产系统的整体,并是人口、资源、环境关系中的核心问题。同时,持续农业是一个涉及政治、经济、文化各方面及特殊定位农业的一个动力学概念(D. R. Kenney, 1994),它是指在保护自然资源和促进农业发展的同时,通过土地管理,最大限度地减少水土流失、环境污染和农民投入,不断保持和提高土地生产力与农业系统效益的现代化农业体系。M. K. Wali, K. G. Cassman (1994)等人提出,持续农业发展需注意三个问题:1. 土地管理是农业系统持续稳定的关键;2. 要增加农业科研、教育的投入与健全法制;3. 要像制定工业化标准那样,制定水质标准、土壤侵蚀限度、环境污染标准、土地控制权等,并付诸实施。关于今后持续农业的研究,不少学者建议有以下方面:持续农业障碍因素的评价;土壤生态学与持续农业的调控技术;土壤退化机制及其防治、重建;土壤资源潜力与人口承载力;生物技术在土壤管理中的应用;持续农业土壤管理的政策与法规研究。

持续农业涉及的范围很广,虽然“持续农业”的概念和思想已为广大土壤学者接受,但从论文水平看,当前仍然缺乏对“持续农业”的深入系统研究,与传统土壤学分支学科的研究内容相比,并无实质性进展,值得引起注意。

### (四) 全球变化

有三个分组报告会涉及到土壤全球变化问题,论文15篇,墙报44篇,主要内容有:在管理及自然生态系统中土壤对碳循环的影响;全球环境模拟的土壤数据库发展;土壤空间分布与气候变化对农业的气候模型;热带土壤碳循环及管理;腐殖土中碳的储存情况;分解残体及碳在土壤物理相中的作用;热带泥炭甲烷生产与释放;与淋溶及地下水水质有关的氮素管理等。

土壤全球变化,包括土壤温室气体 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 等的源与汇的研究,是近些年国际土壤研究的重点之一。从发展趋势看,N素,特别是 $\text{N}_2\text{O}$ 等研究进展较明显,它与氮肥的施用及硝态氮的地下水污染与循环研究相关,在发展中国家开展的项目较多;水稻土及沼泽地释放 $\text{CH}_4$ 的研究,在日本、中国等东南亚地区有新的推进;关于有机碳循环研究,主要解决土地资源持续利用及控制由于 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 温室气体引起的温室效应;从控制 $\text{CO}_2$ 释

放看,目前主要致力于建立数字化信息系统及各种数学模型,深入研究有机碳的转化过程和规律,由于全球范围内能表征土壤有机碳状况的基本数据不足,因而对不同生态系统中土壤有机碳转化规律尚难定量描述。总的看来,定量评价土壤有机碳作为 CO<sub>2</sub> 的源和汇的状况及变化趋势,是今后研究的关键,它可为全球范围 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 及 N<sub>2</sub>O 温室气体的研究提供依据。

### (五) 区域治理

有两个分组报告会,论文 25 篇,墙报 30 篇,多集中在热带、亚热带地区,以中、南美、非洲及东南亚地区较多,主要内容有:墨西哥灌溉区养分保持与农业现代化;中美地区甘蔗生产系统的土壤管理;南亚及南美的持续高水平生产力;西非的土壤侵蚀;非洲的土壤管理问题;热带酸性土的肥力与管理;酸性土、沙土、火山灰土的特性及生产力等。

区域治理是全球发展的突出问题,这是因为随地域及社会经济发展差异,世界不同地区人口、资源、环境间的矛盾各不相同。S. W. Buol(1994) 指出,全球土地资源及生产力具有地域特点及差异,寒带及温带地区具有广阔的土地资源,但土地生产潜力却不及热带、亚热带巨大,而热带、亚热带,特别是中、南美洲及非洲撒哈拉地区,由于人口增长,环境脆弱,资源贫乏,土地退化,肥力减退,当前粮食生产与经济发展均处于困境。据统计,热带及亚热带发展中国家土地退化占全球 60%,人均粮食不足发达国家的 1/3—1/4,随着人口的增长,到 2000 年,非洲撒哈拉地区仅能产所需粮食的 3/4(C. R. Doswell, 1994)。因此,不少科学家指出,今后全球区域治理的重点无疑将集中于热带、亚热带地区。一方面,这一地区自然资源及生产力有巨大潜力,一般是温带地区的一倍以上,不少地区如东南亚及东亚等国,通过资源合理开发与管理,加强生态农业建设,可以大大提高作物产量,成为全球热带、亚热带粮食与经济作物的生产基地;另一方面,非洲及中南美洲的大部分热带、亚热带地区,为贫困地区,必须采取全球性的扶持政策,推动区域土地治理,改善生态环境,促进粮食增产。只有这样,才能推动全球经济平衡与发展,促进世界经济与政治局面的稳定。由此可见,区域治理特别是热带、亚热带地区的土地资源与环境治理,是一项全球性的战略问题,需引起注意。

上面提出了土壤学各分支学科综合研究的五个问题,这些问题的核心是什么? N. E. Borlang 及 C. R. Dowsell (1994) 认为是世界人口与粮食问题。据他们分析,自 1950 年以来,由于采用了植物遗传、品种改良、增施化肥、治虫治病等科学措施,使世界粮食产量以每年 2.7%,而人口以 1.9% 的速度递增。以中、美、印、俄四大产粮国相比,中、美两国自 1961—1992 年粮食单产不断增加,1992 年中国为 4.9 吨/公顷,美国为 5.4 吨/公顷。但从全球看,1990 年可食用的干物质为 23 亿吨(98% 来自陆地,2% 来自水域),这些粮食如均匀分配到世界各地,可供养 62 亿人(目前全球仅 52 亿人),但是,如果第三世界人均消耗水平与发达国家持平的话,则目前粮食只够维持 25 亿人生存。据统计推测,在 90 年代及下世纪的头十年,人口将增加 20 亿,也就是说,本世纪末世界人口将达 62 亿,2050 年将达 83 亿,期望 21 世纪末人口维持在 100 亿,如果人均粮食保持在目前水平,到 2050 年世界粮食必须在目前水平上增加 57% 才能维持;而要使全球饥饿得到解决,粮食必须比现在增加一倍。因此,要解决此问题,一是需要生产足够的粮食,但不能以破坏环境和经济为代价;二是粮食在世界范围得到均匀分配。显然,世界饥饿问题必须通过提高缺粮国

家的粮食生产得到解决。目前发展中国家最重要的农业限制因子是土地退化, 肥力减退, 尤其是非洲撒哈拉、拉美和亚洲的旱地。因此, 必须采用科学技术手段促进农业发展, 显然, 未来粮食增产的主要途径必然是在科学技术指导下单产的提高。我们应该牢记, 世界和平不可能建立在饥饿和痛苦之上, 我们应不断引入新的科学技术, 在改良品种、化肥施用和病虫害防治上做出更大努力。有人说“如果世界末日将会来临, 它不一定是由于污染所造成, 而是由于饥饿引发的社会和政治的动乱。”这并非是危言耸听。

#### 四、我国土壤学面临的任务与发展方向

综上所述, 近几年来土壤学有了一定进展, 特别是在环境化学、区域生态、土壤发生分类及信息库、物质循环、表面化学、根际环境、生物工程、肥力调控、植物营养(氮素平衡)、遥感与信息等基础学科方面都有新的推进, 并与全球发展战略相适应, 围绕环境与农业问题, 从五个方面开展综合性研究。值得注意的是, 随着上述各项研究的不断深入, 各种新技术与新方法得到广泛应用。从学科发展来看, 一方面是既高度分化, 又高度综合与渗透, 这次大会新增 8 个学科组就是明证; 但另一方面, 有的学科分支思想陈旧, 新技术引用甚少, 基础与应用、宏观与微观结合不够紧密, 并与当今社会与全球要求脱节, 进展较缓慢; 再从地域范围看, 土壤学研究的发展极不平衡, 非洲、拉丁美洲及东南亚部分地区与国家的不少工作尚未开展或仅处于起步阶段。

与国际土壤学发展相比, 我国土壤学的某些分支, 如人为土壤发生分类及土壤系统分类、表面化学、植物营养(N、P、K 等)、土壤水分、肥料试验、水稻土、盐渍土、干旱土、红壤的发生与生态农业研究均取得领先地位, 同时近年来在环境保护、持续农业、遥感信息、全球变化( $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ )、土地生物技术及新技术应用等方面均有明显推进, 其中, 不少工作正在与全球发展与 21 世纪议程联网。尽管如此, 与世界上先进国家相比, 无论在基础研究还是综合研究方面, 都还存在不同程度的差距。因此, 针对当前国际土壤学跨世纪发展的趋势, 我们应扬长避短, 急起直追。

就我国土壤学面临的任务和发展方向来看, 应包括以下五个方面。

##### (一) 加强土壤圈物质循环与全球变化研究

当代土壤学发展前沿已进入到全球物质循环研究阶段, 即在圈层概念下, 探索土壤圈的演化机制及其与大气圈、水圈、生物圈、岩石圈以及人类活动的关系。根据这次国际土壤大会的发展趋向, 结合我国实际, 下列关键领域应作为土壤学部分优先开拓的领域: 1. 土壤生物工程, 研究植物营养的遗传特性、养分吸收的分子机制、植物营养性状的遗传学改良; 2. 土壤水量平衡与物质迁移, 研究多维条件下的水分与溶质迁移规律、区域性土壤水文过程和大尺度的水量平衡模型建立; 3. 土壤胶体的界面化学行为, 研究土壤胶体表面结构、特性和电荷特点、土壤物质在不同界面上发生的化学反应过程及其转化与迁移机理; 4. 地表物质再分配过程与土壤发生演化, 研究自然及人为干预条件下的地表剥蚀速率及其动力学、人类活动影响下土壤生物地球化学循环方向、人为作用下土壤发生演化规律、地表物质再分配过程的环境效应; 5. 土壤温室气体效应及其防治, 包括土壤  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  的源和汇、各种温室气体的效应机制及防治对策的研究等。

## （二）重视土壤肥力与农业持续发展

发展持续农业的目的是获得高效的农业产量,保持清洁的环境和生物多样性,其内涵主要是在保持和提高代传土地质量,增强抗风险的缓冲能力。其中维持与增进土壤肥力是关键,在这方面优先开展的领域是: 1. 不同生态系统中土壤肥力的演替规律,包括不同生态系统条件下土壤肥力的长期试验;不同培育措施对土壤肥力演变的影响;土壤肥料演变的预测与建模;2. 高度集约化条件下施肥制度的建立,包括不同农业生态系统中养分再循环的特点及作用;化肥养分在土壤中的转化和去向及其对增产与环境的影响;3. 区域养分消长规律及肥力需求,包括我国土壤养分消长规律及区划;我国肥料需求预测及依据。

## （三）开展土壤资源与生态、环境建设

我国土壤资源相对紧缺,合理开发已迫在眉睫,需要在原有清查、规划及利用的基础上,通过加强生态环境建设来保护土壤资源,促进其增值。因此,土壤资源合理开发作为生态、环境建设的保证,应给予优先发展。下列几个方面应着重考虑: 1. 土壤资源动态变化(数量、质量)监控预测系统,包括土壤-土地数字数据库的建立;全球土壤退化评价系统的建立;中国土壤信息系统的建设及土壤资源的遥感监测系统的建设;2. 土壤资源的承载能力,包括区域土壤资源发展条件综合评价;区域不同土壤资源结构功能的系统分析;土壤资源利用与生态环境的平衡与保持;3. 土壤生态环境系统演化与建设途径,包括退化土壤生态系统的发生机理及其恢复重建途径;良性循环生态系统培育的基础;复合生态系统建设技术;固体废弃物的土地处理和清洁土壤的保持技术;4. 区域生态、环境建设与示范工程,主要开展我国生态脆弱带,包括黄土高原、黄淮海平原、南方丘陵山区、西北干旱、半干旱地区及长江三峡地区的区域开发战略与示范工程研究等。

## （四）加强学科基础研究与综合交叉,不断运用与革新新技术、新方法

土壤学基础理论研究是推动土壤学发展的基础,我们一方面要发挥和保持自己的学科优势,同时要注意老学科的发展,并通过国际联网,不断丰富学科研究内容,争取更多地为世界土壤学研究领域作贡献。今后,国民经济中要求综合研究的问题将增多,不少课题不但需在土壤学本学科,而且要在生物、地学等多学科领域进行交叉与综合。同时,研究手段和方法的不断更新也是今后土壤学研究不可忽视的方面。

## （五）加强国际合作,重视年青土壤科技人才的培养

土壤学的发展必须立足国内,走向国际。今后除注意研究任务的国际联网外,应积极参加各种国际土壤学活动,并在国内召开各种土壤国际会议,不断扩大我国土壤学研究的国际影响,使我国土壤学研究跻身于国际土壤科学研究的先进行列。培育和造就土壤科学事业的优秀年青接班人,是我国土壤学界的当务之急,一方面要培养他们热爱祖国、热爱土壤事业的思想道德,另一方面要注意基础知识的提高,要在土壤学领域内,研究新课题,开拓新领域,踏实勤奋工作,为土壤学的发展作出努力。

土壤学研究已经近150年,我们深信,跨世纪的土壤学必将在基础研究上有新的推进,并将为全球人口、资源、环境问题的缓解,为世界经济的持续发展作出新的贡献。

## MAKING NEW CONTRIBUTION TO DEVELOPMENT OF SOIL SCIENCE IN THE 21ST CENTURY

—SUMMARY OF THE 15TH WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE

Zhao Qiguo

*(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008)*

### Summary

Based on the introduction of the 15th World Congress of Soil Science and the Developmental trends of soil science in the 21st century, a comprehensive analysis is made on the tasks of soil science to be carried over to the next century and some new ideas are put forward in the article.

**Key words** Soil science in the 21st century, Soil resources, Environmental protection, Sustainable agriculture